

BALANCE HIDRICO

R. Botey

Servicio de Aplicaciones Agrícolas e Hidrológicas

BALANCE HÍDRICO

■ Objeto

HUMEDAD DEL SUELO

Muy relacionada con la dinámica de las aguas superficiales, con el comportamiento de la atmósfera a niveles bajos, con la regulación de los ecosistemas y con todo lo referente al **sector agrícola** (programación de riegos, labores, selección de variedades, etc).

Gran desarrollo: La posibilidad de **utilizar campos en rejilla** de diferentes parámetros en tiempo cuasi-real e información fisiográfica.

Area de Climatología y Aplicaciones Operativas: se ha buscado disponer de un Balance Hídrico que estime lo mejor posible la humedad del suelo, pero que permita realizar **estudios climatológicos** con datos diarios y largos periodos de tiempo.

Factores relacionados

Precipitación , Evapotranspiración, escorrentía , déficit, drenaje, velocidad de infiltración, cultivo, ..

Productos:

- Conocer la evolución de las precipitaciones en tiempo cuasi-real y comparar las precipitaciones acumuladas en diferentes intervalos de tiempo con los valores normales.
- Disponer de valores diarios y acumulados de la Evapotranspiración de Referencia de Penman-Monteith.
- Estimar la humedad del suelo con un modelo que proporcione una buena aproximación, pero que permita a su vez realizar estudios climáticos consistentes.

La información elaborada diariamente abarca todo el territorio nacional, formando una malla de 5kmx5km para el área de Península y Baleares y de 2kmx2km para Canarias, estando disponible en formato raster.

Precipitación:

Tratamiento de la precipitación diaria:

Se toman los valores de precipitación acumulada diaria de aproximadamente 800 estaciones. Se realiza una depuración y mediante métodos geoestadísticos (krigeado) se obtiene un valor para cada grid.

En general, los productos estarán disponibles a partir del día siguiente o dos días más tarde si coincide con día festivo.

Acumulados de precipitación

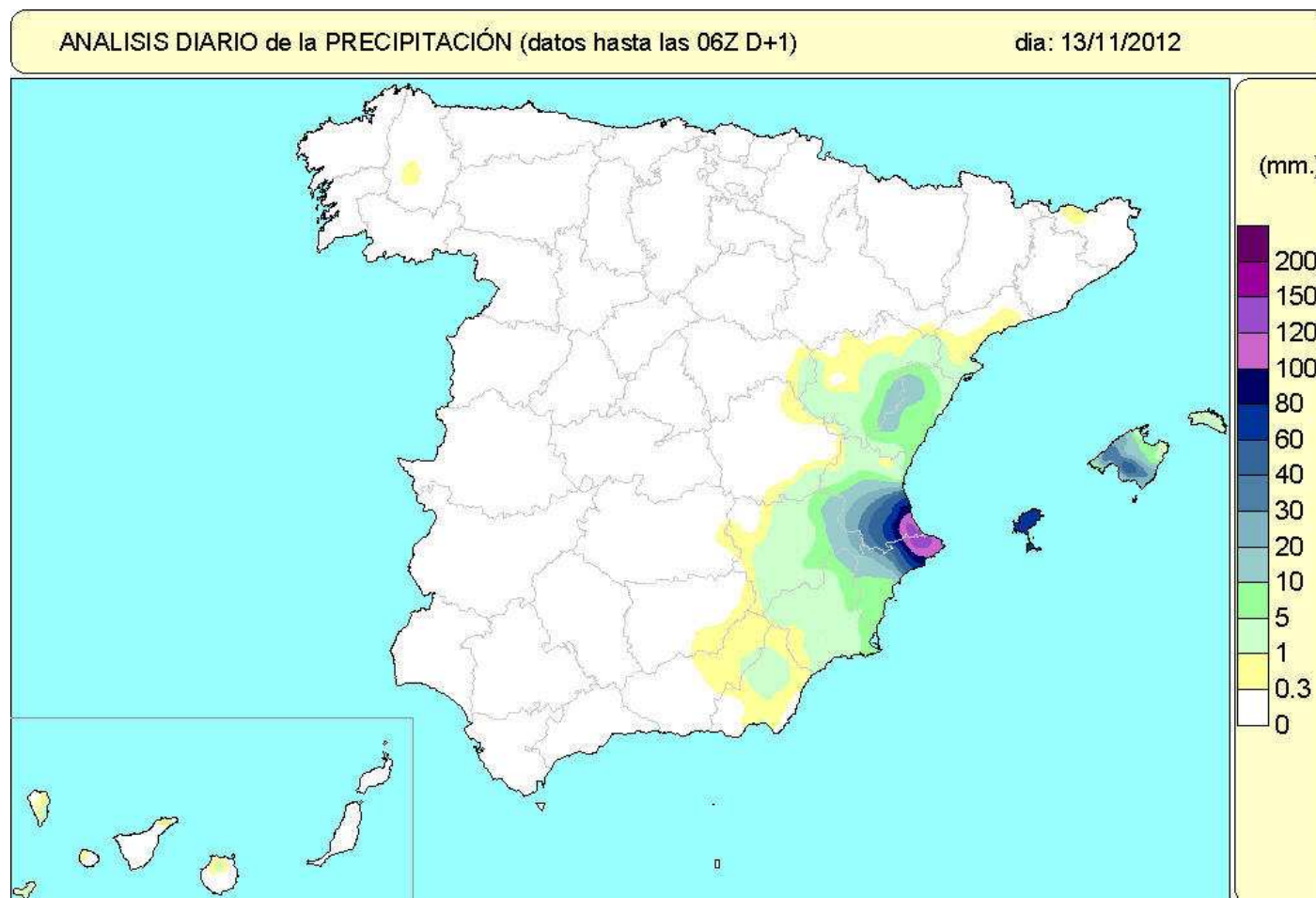
Son acumulados en diferentes periodos. La rejilla de precipitación diaria se actualiza pasados dos meses cuando ya se dispone de la información de unas 3000 estaciones, lo que mejora su calidad.

Precipitación y valores normales

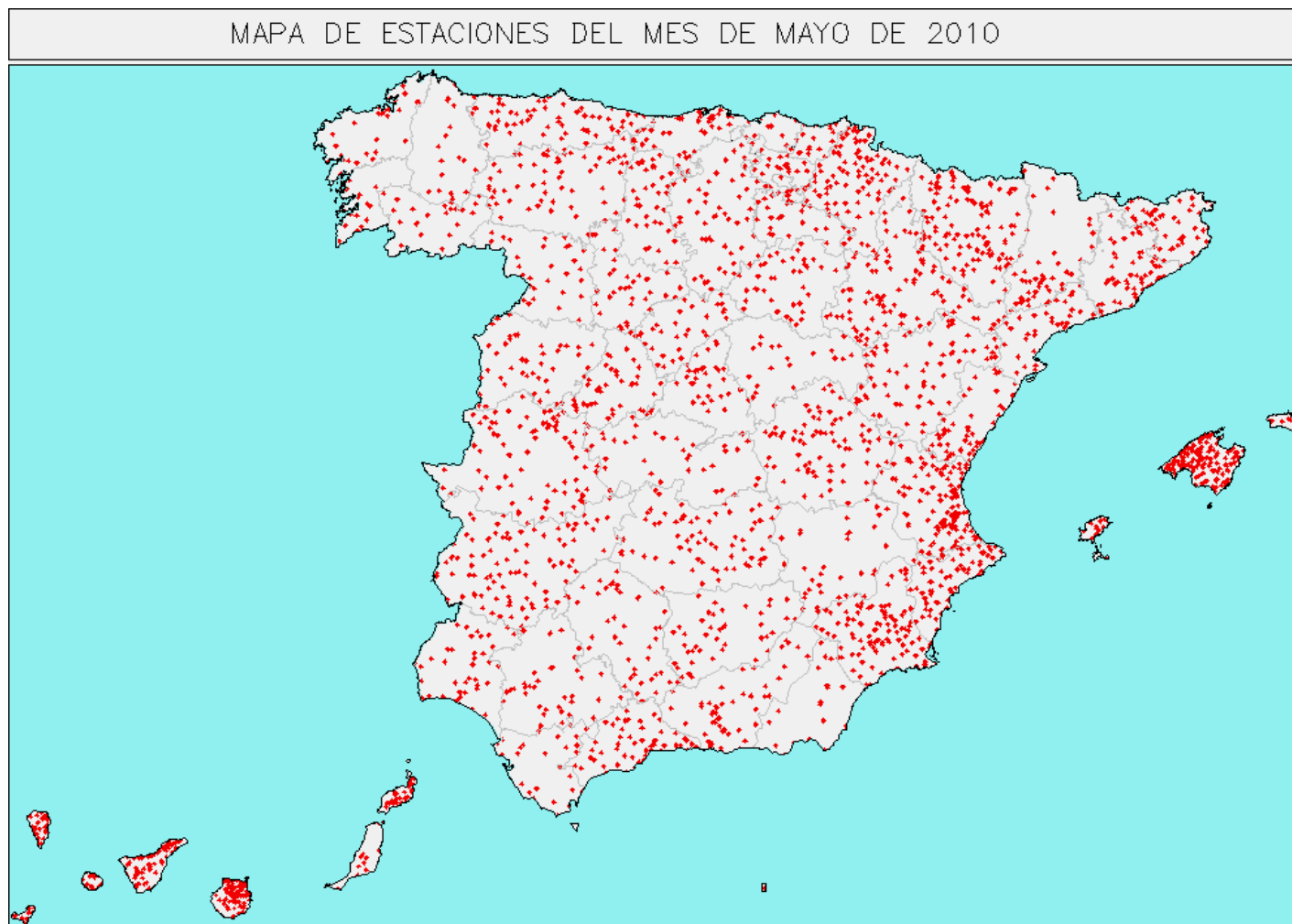
Se obtiene para cada periodo elegido el mapa de porcentaje de precipitación sobre el valor normal. Se calculan anomalías puntuales para cada estación y posteriormente mediante interpolación, se obtiene un valor para cada punto de rejilla.

Precipitación diaria:

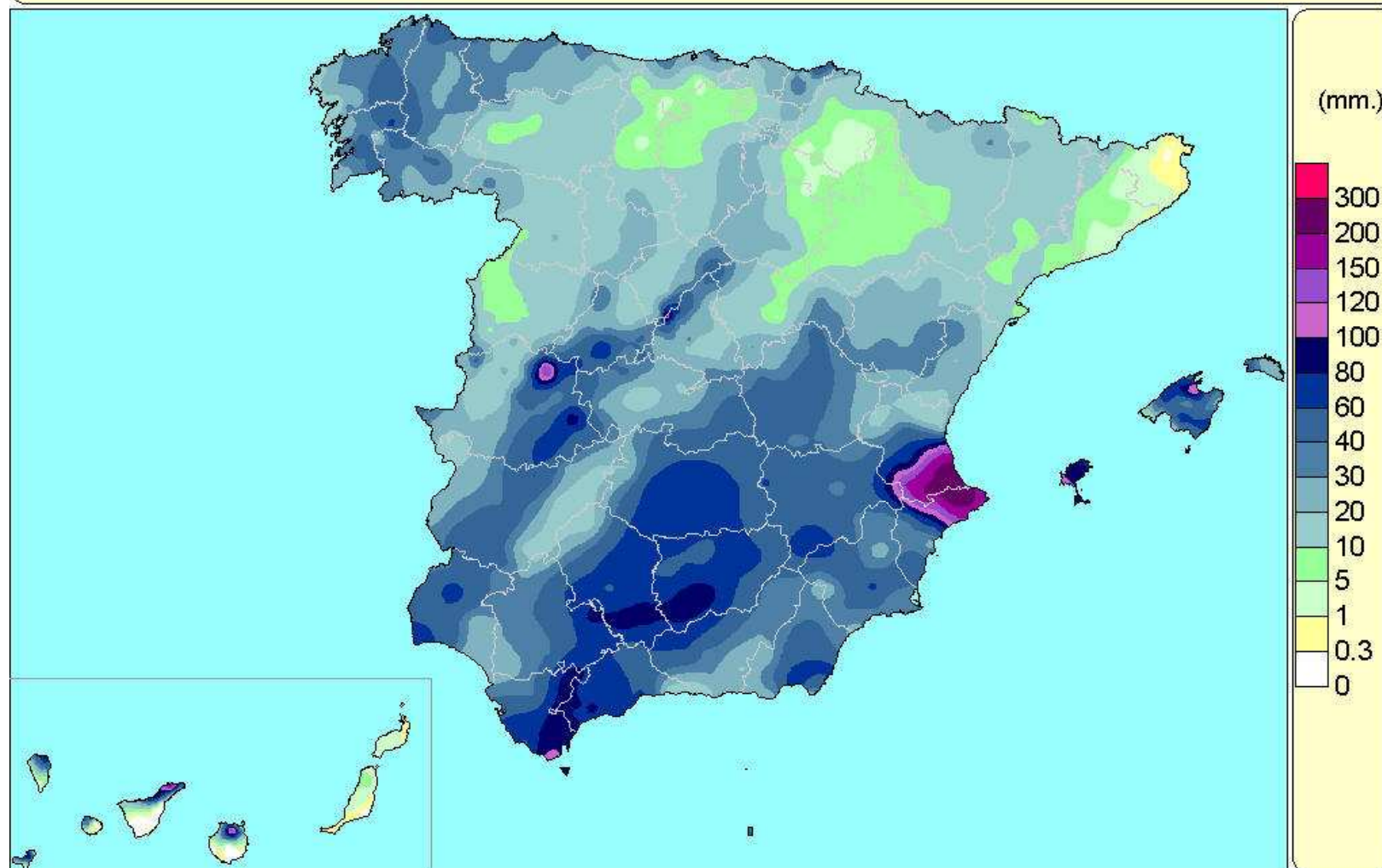
Análisis diario en tiempo cuasi-real, con aproximadamente 800 estaciones
Automáticas: supervisión de los datos e interpolación



Estaciones pluviométricas utilizadas en la confección del mapa de precipitación total mensual, cuando se dispone de información de toda la red (aprox. 3000 estaciones)



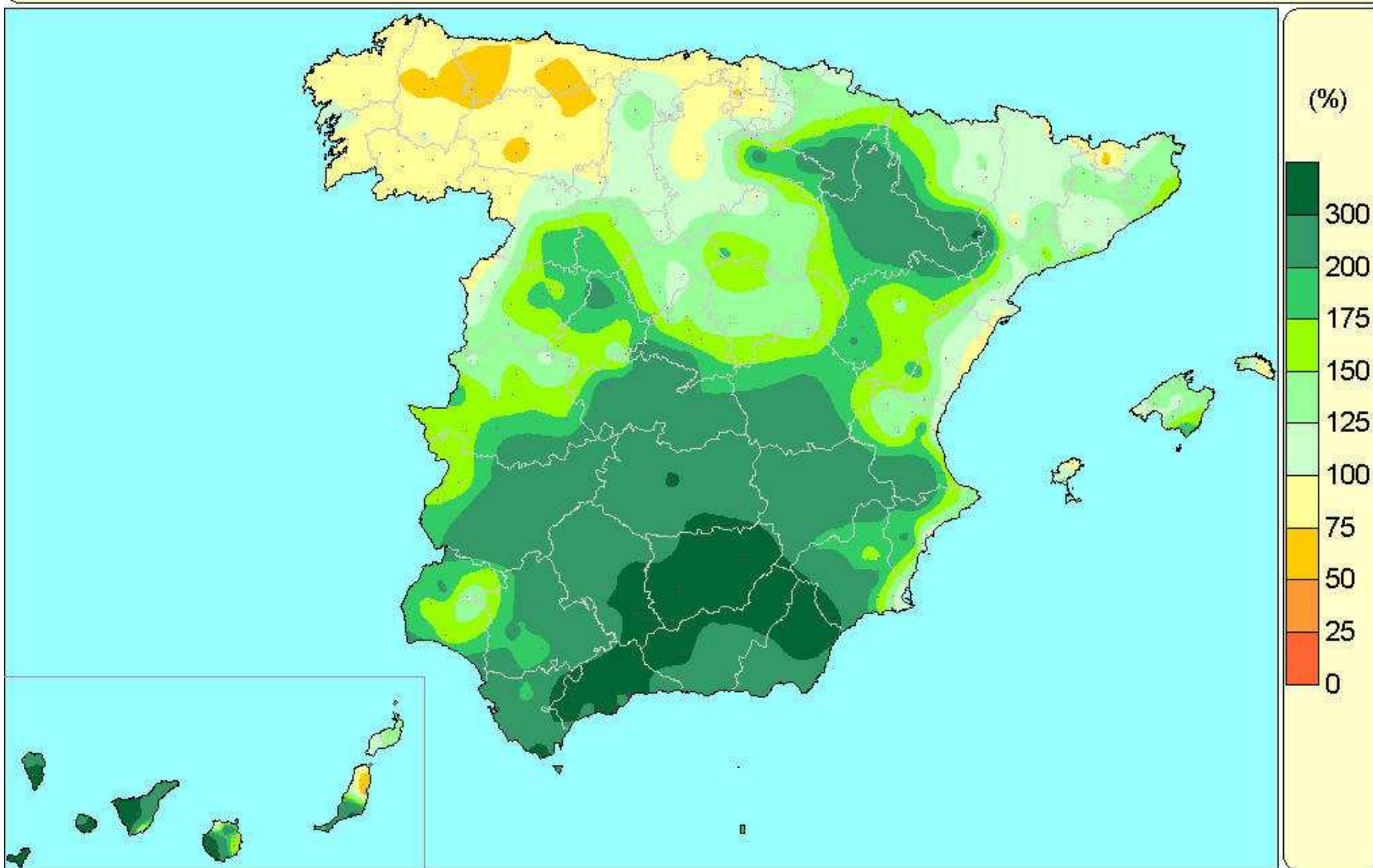
PRECIPITACIÓN ACUMULADA periodo:07 al 13 de noviembre de 2012



PRECIPITACIÓN ACUMULADA en el AÑO AGRÍCOLA periodo 01/09/2012 a 13/11/2012



PORCENTAJE DE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA del 01/09/2012 a 13/11/2012 (normal 1971-2000)



Determinación ETo Penman-Monteith: Evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua.

- Cálculo diario de ETo según FAO
- Datos meteorológicos diarios utilizados
 - ❑ Temperatura media (valor medio 4 pasadas HIRLAM)
 - ❑ Humedad relativa media (HIRLAM)
 - ❑ Velocidad media diaria del viento a 10 m de altura (HIRLAM)
 - ❑ N° de horas de sol (estaciones sinópticas)
 - ❑ Presión media al nivel de referencia de la estación (HIRLAM)
- El cálculo de ETo se compone:
 - ❑ Término de radiación
 - ❑ Término de advección o aerodinámico
- Superficie de referencia



Superficie de Referencia

“Un cultivo hipotético de referencia con una altura asumida de 0,12 m, una resistencia superficial fija de 70 m/s y un albedo de 0,23, con adecuado aporte de agua”

(Estudio FAO 56 Riego y Drenaje. pág 23)

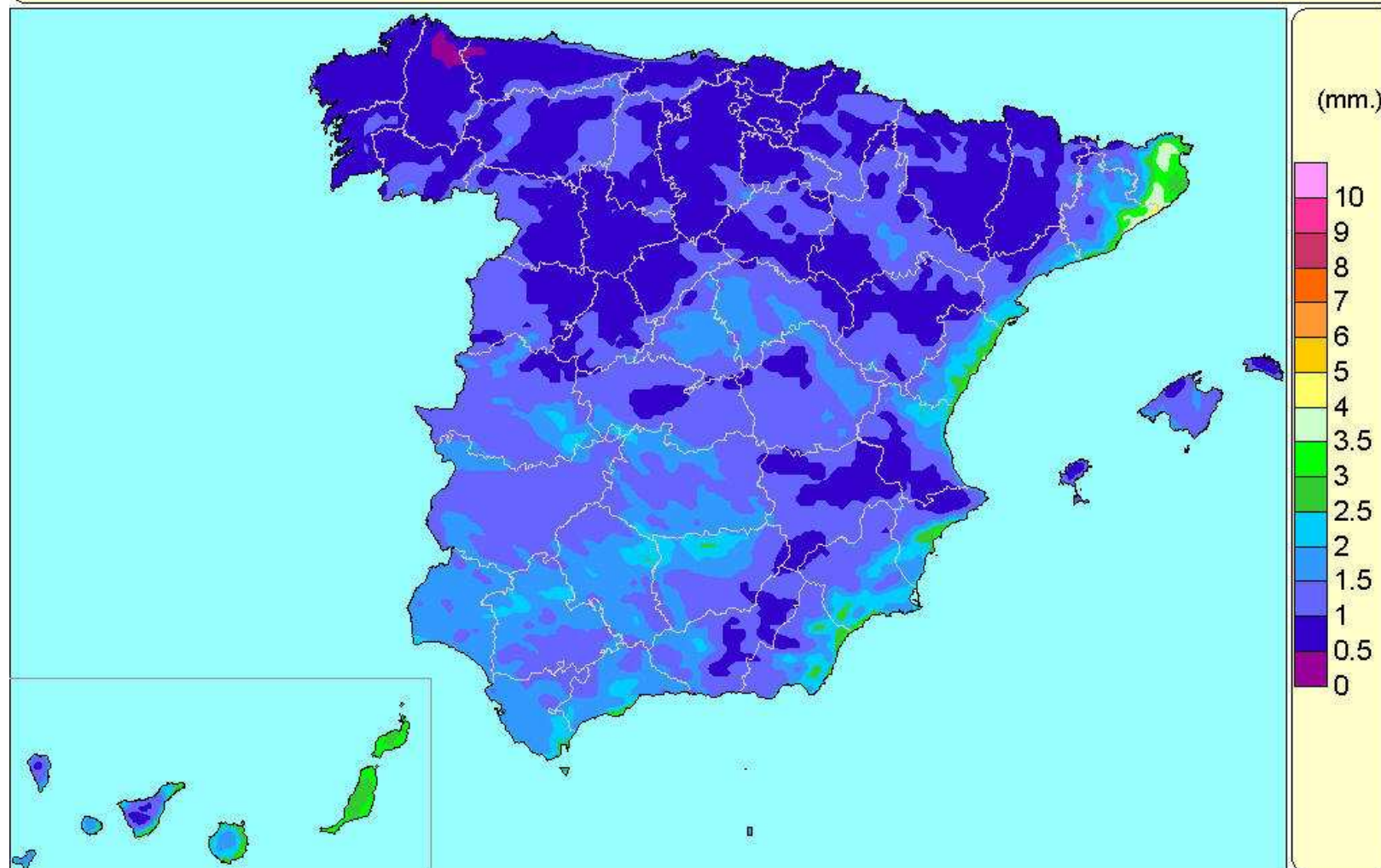


Disponibilidad de información de ETo:

- Península y Baleares: ETo diaria en mm, desde 1996. Se han utilizado los datos procedentes de los análisis del modelo numérico HIRLAM con diferentes resoluciones y se ha obtenido el valor de Eto para una malla de 5kmx5km.
- Canarias: Eto diaria en mm, desde 2005 y en malla de 2kmx2km.

ANALISIS DIARIO de la EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (de 06Z a 06Z D+1)

dia: 13/11/2012

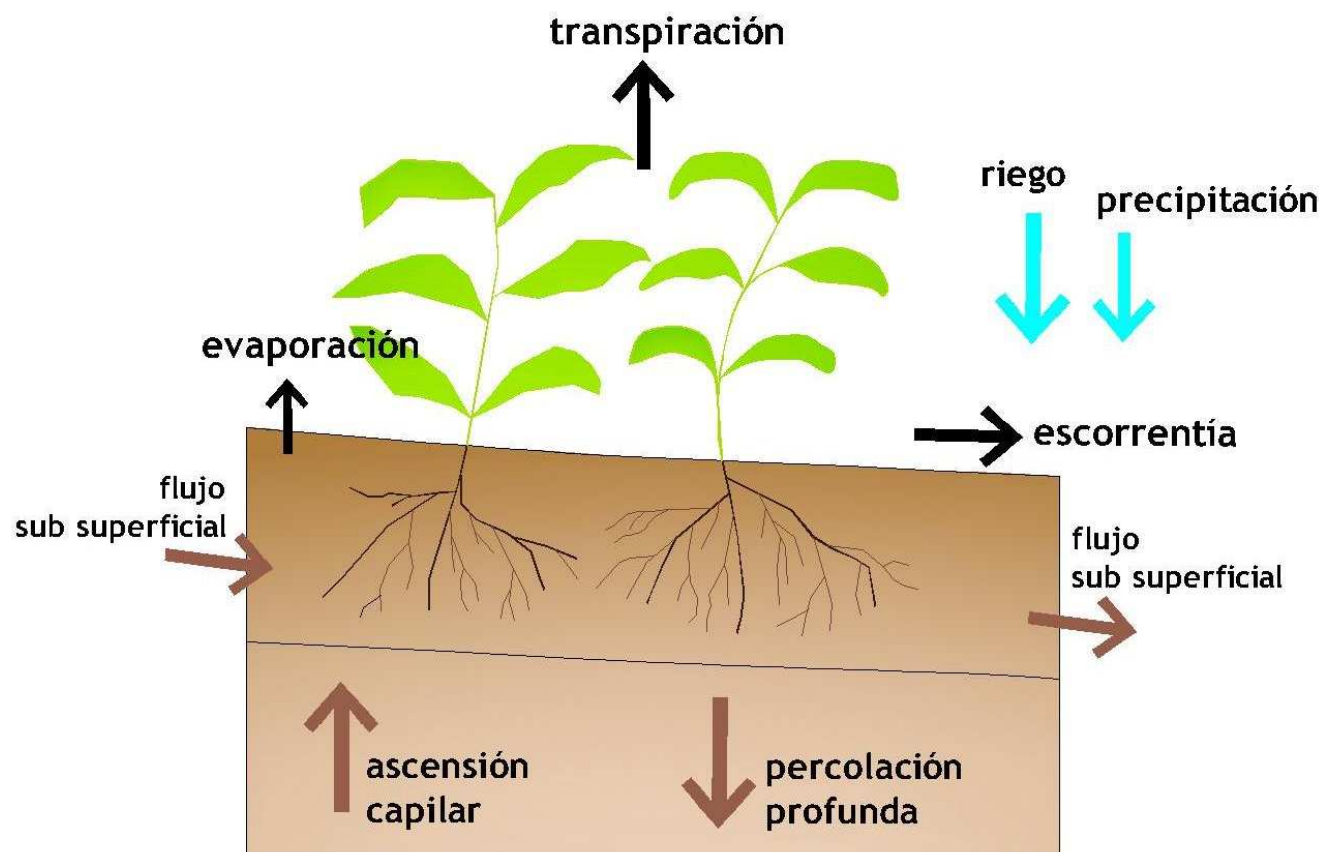


ANALISIS DIARIO de la EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (de 06Z a 06Z D+1)

dia: 11/05/2013



Formulación Balance Hídrico:



Ecuación general del balance de agua en el suelo:

$$R_i = R_{i-1} + (P_i - E_{s_i}) + I_i - ET_{ci} - D_i$$

Donde:

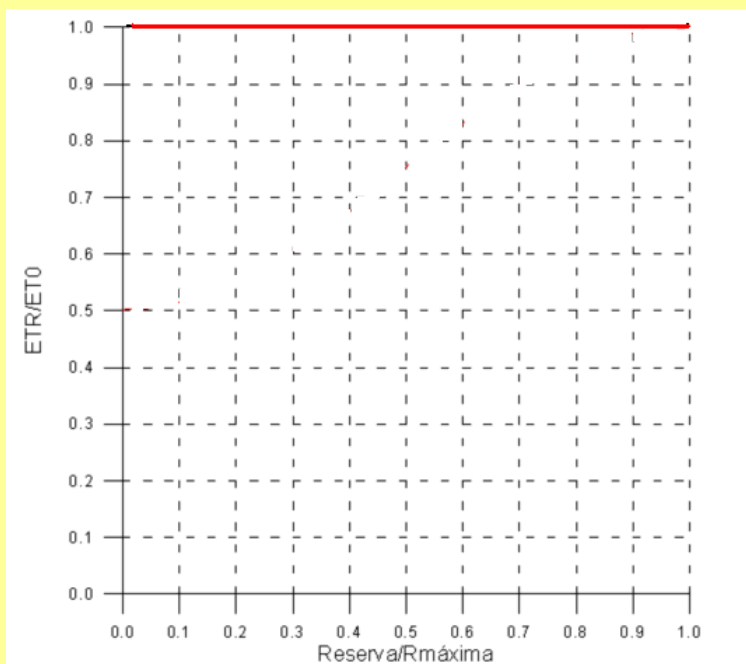
R_i	Reserva de agua disponible en el suelo en el día actual (hoy)
R_{i-1}	Reserva de agua disponible en el suelo en el día anterior (ayer)
P_i	Precipitación
I_i	Cantidad de agua aportada por el riego
E_{s_i}	Escurrimiento superficial
ET_{ci}	Evapotranspiración del cultivo
D_i	Drenaje fuera de la zona radicular (negativo si es ascenso capilar)
$(P_i - E_{s_i})$	Precipitación efectiva o fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas

Hipótesis que se consideran:

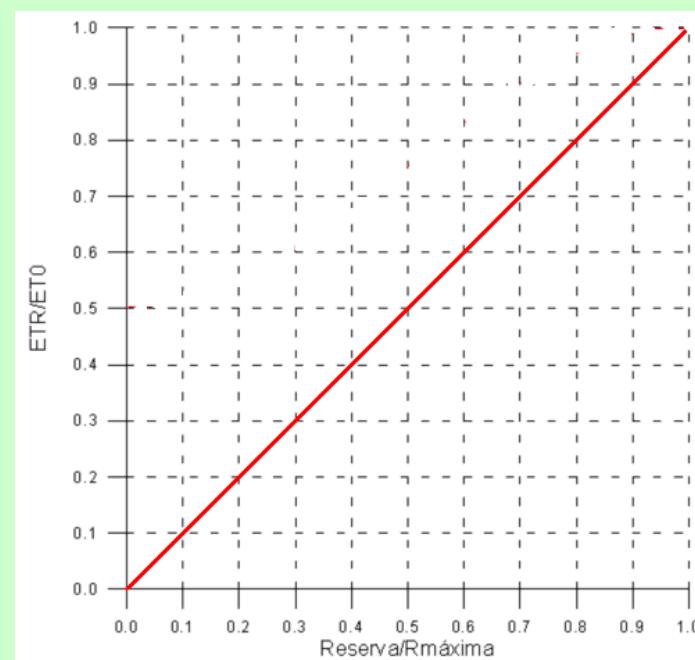
- No existen aportes por riego.
- La cantidad de precipitación que se pierde por escorrentía superficial y que no llega a entrar en el suelo se considera nula. En general esto podría ocurrir en suelos bien drenados, sin pendiente y con pastos.
- La evapotranspiración que puede llegar a tener la vegetación es la evapotranspiración de referencia (E_{to}) de Penman-Monteith.
- No hay aportes por ascenso capilar, lo que supone una capa freática a suficiente profundidad.
- La diferencia entre el flujo subsuperficial entrante y saliente en el balance diario, se considera nulo. El balance se realiza sin tener en cuenta aportes de agua entre celdillas limítrofes.
- La Reserva de agua considerada es de Agua Disponible para las plantas.

Agotamiento de la humedad del suelo en día seco:

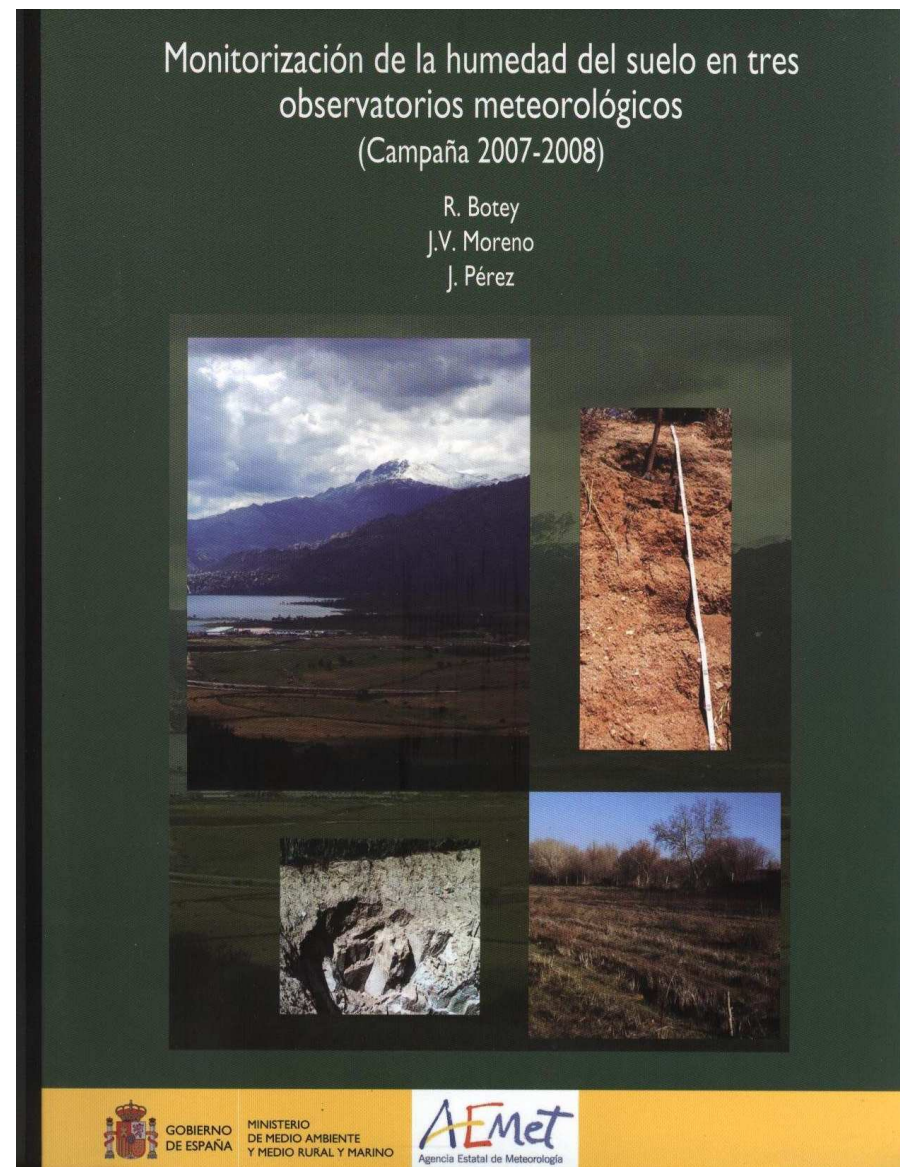
Balance Hídrico directo



Balance Hídrico exponencial



Formulación del Balance Hídrico Exponencial



5.4.- Balance Hídrico con agotamiento de la reserva por método exponencial.

Según Thornthwaite y Mather (1955) , el agotamiento de la reserva del suelo no se realiza de forma directa sino de forma exponencial. Las partículas de agua en el suelo a medida que éste pierde humedad, son retenidas con más fuerza, siendo (Correa y Díaz, 2005):

$$\frac{dR}{dt} = \frac{-(ET_i - P_i)}{R_{\text{máx}}} \cdot R \quad (\text{Ec.5.23})$$

De lo que se obtiene:

- *En el caso de días húmedos la reserva varía como en un método directo:*

$$\text{Si } P_i \geq ET_i \rightarrow R_i = \min \{ R_{i-1} + (P_i - ET_i); R_{\text{máx}} \} \quad \text{Día húmedo (Ec. 5.24)}$$

- *En el caso de días secos la reserva varía según el método exponencial:*

$$\text{Si } P_i < ET_i \rightarrow R_i = R_{i-1} \cdot \exp \left(- (ET_i - P_i) / R_{\text{máx}} \right) \quad \text{Día seco (Ec. 5.25)}$$

Humedad del suelo:

La **capacidad máxima de retención de humedad de un suelo** como agua disponible total para las plantas (**A.D.T**), se calcula en función de las características del suelo y de la vegetación .

$$R_{\text{máx}} = (C_c - P_m) \cdot h_r$$

h_r : profundidad media de las raíces en cada celdilla.

En AEMET se ha realizado una estimación de “ $R_{\text{máx}}$ ” para cada punto de rejilla, como máximo de ADT, utilizando información georreferenciada de :

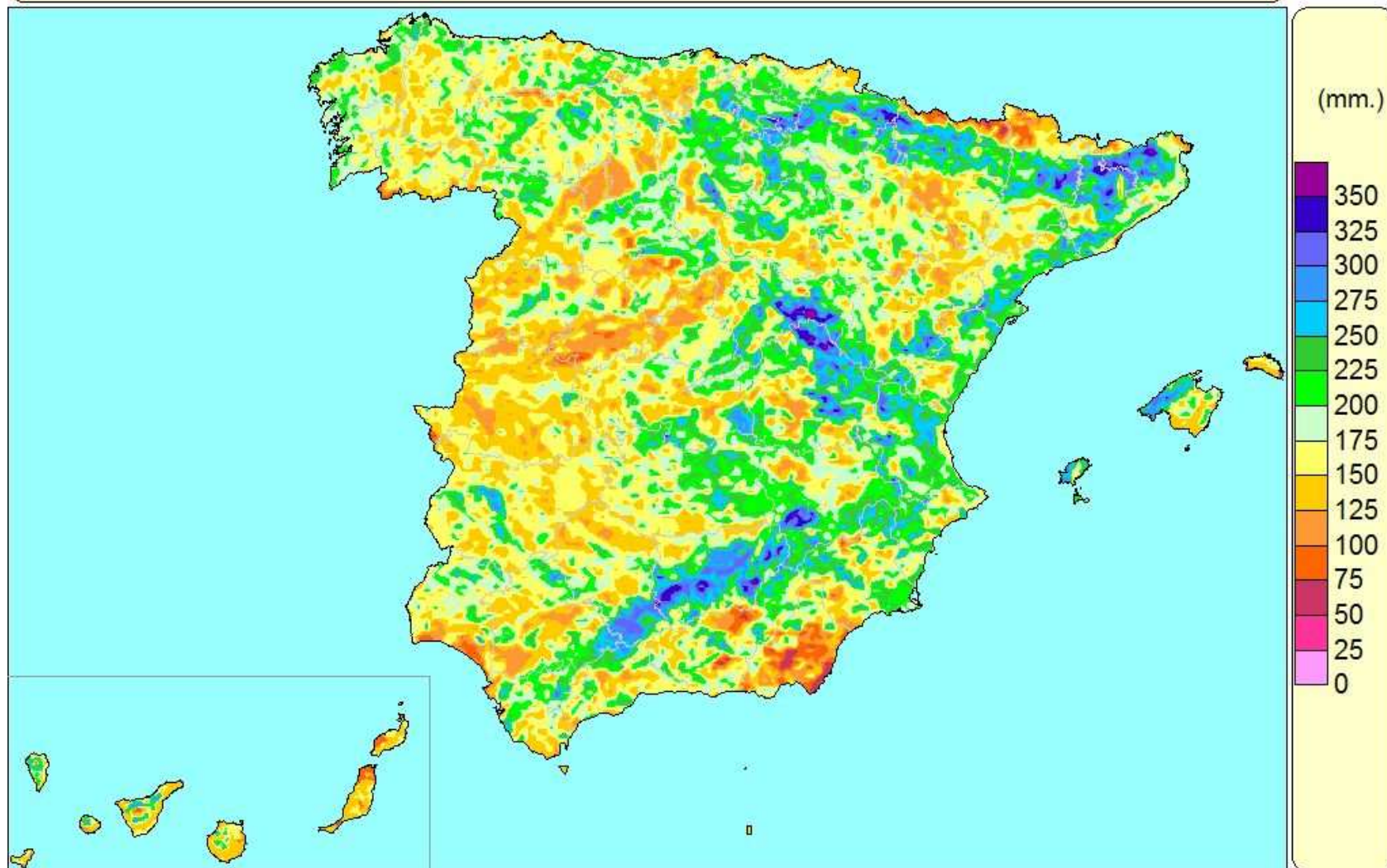
Tipo de vegetación para estimar profundidad de las raíces (Corine 2006)

Tipo de suelo (Clasificación clasificación Soil Taxonomy)

Tipo de textura

Pendiente del terreno.

AGUA DISPONIBLE TOTAL (ADT=R_{máx}) estimada según suelo y vegetación

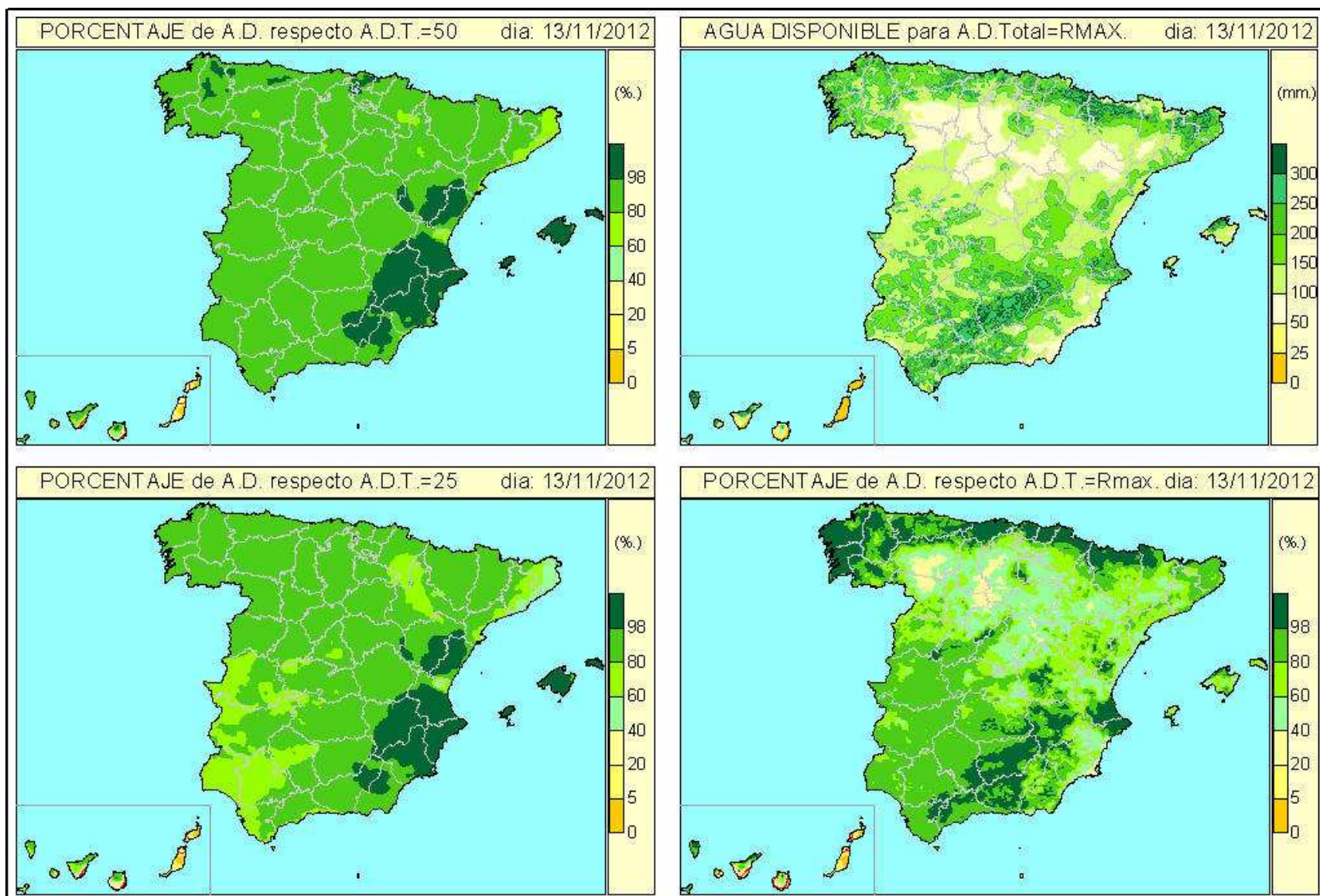


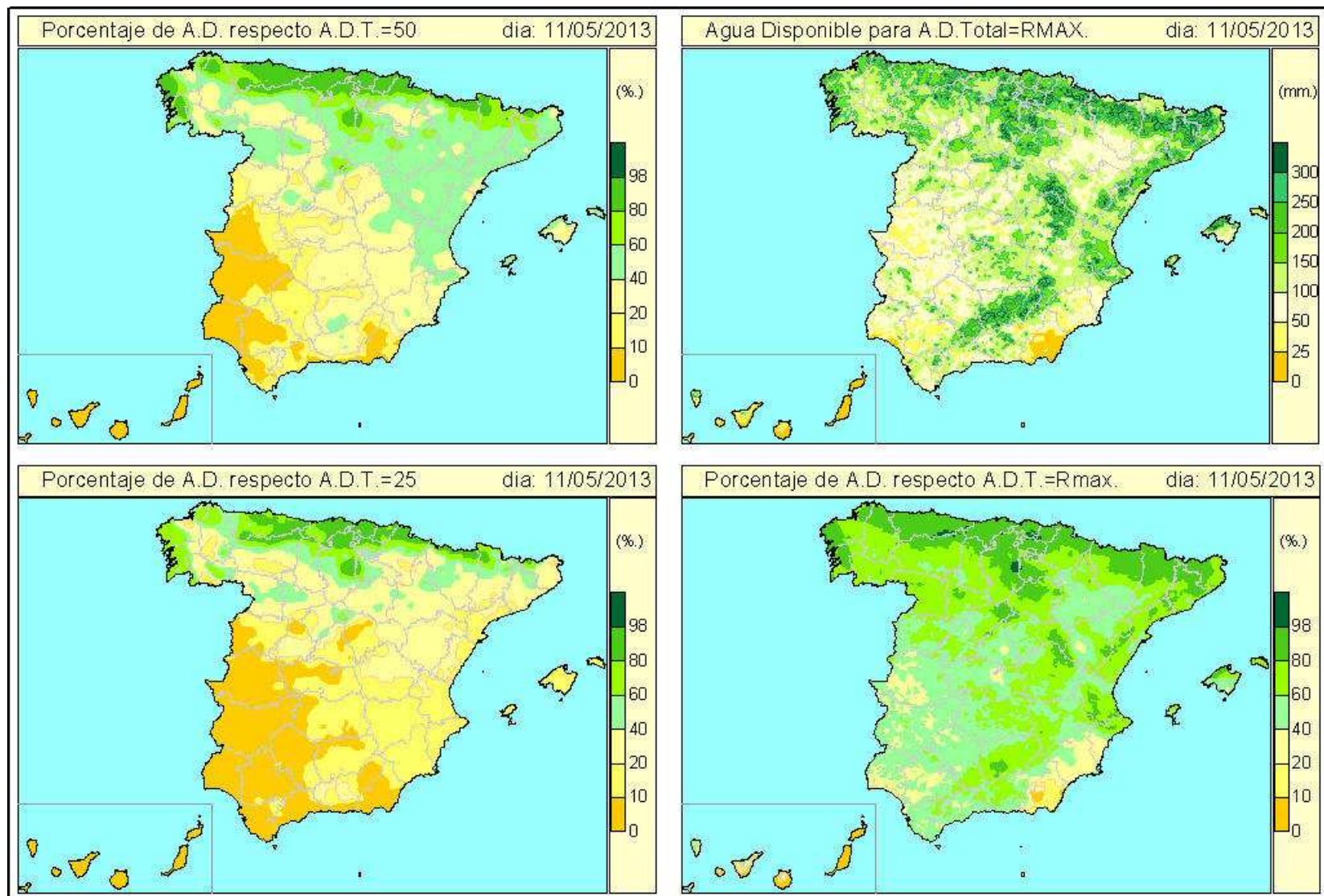
Varios niveles de ADT:

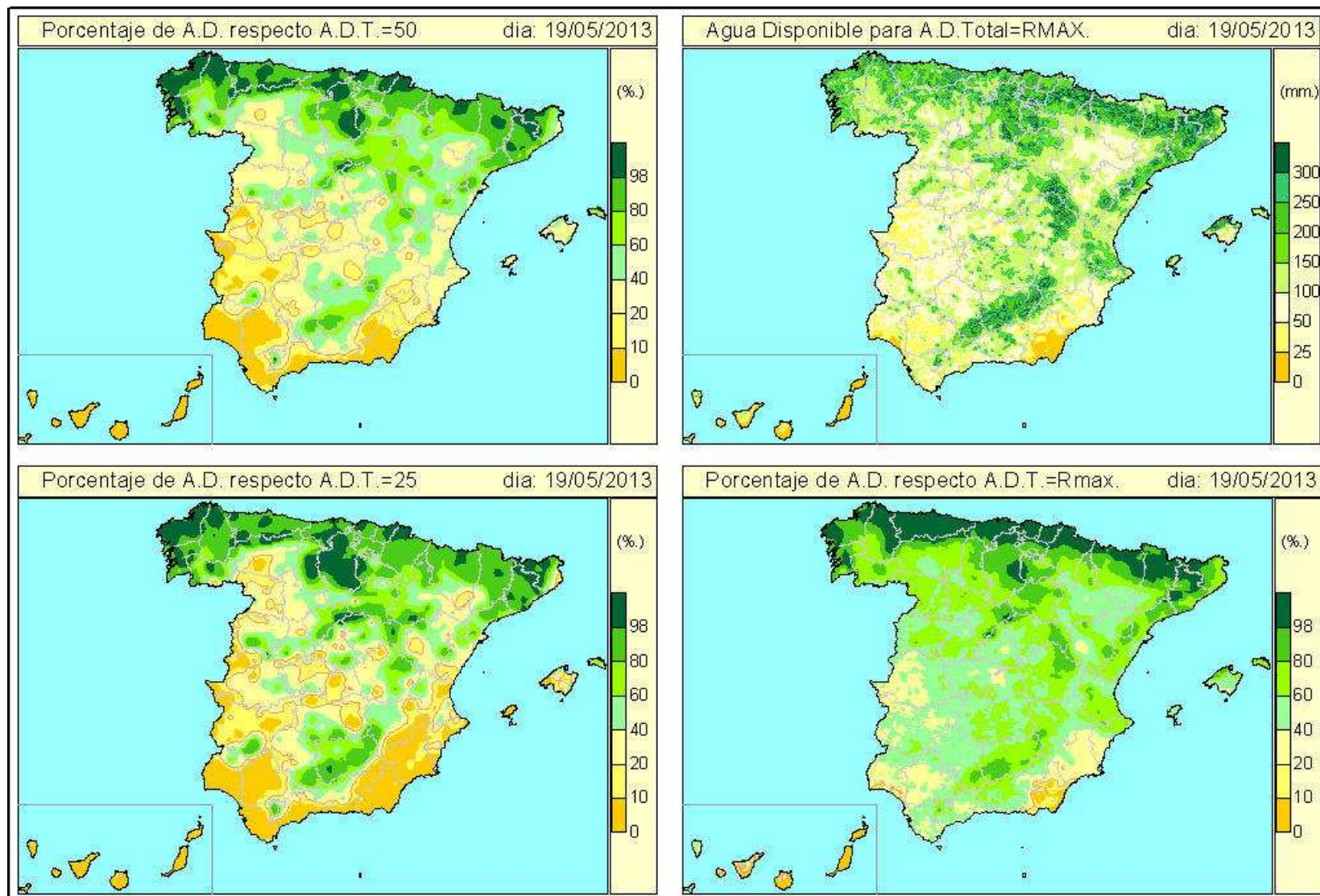
Aunque se haya estimado un valor de $R_{\text{máx}}$ (ADT ó $R_{\text{máx}}$) para cada punto de rejilla, se ha creído también conveniente calcular la humedad del suelo como resultado de un Balance Hídrico para diferentes valores de ADT (ADT de 25mm, 50mm, 75mm, 100mm, 150mm y 200mm). En un punto de rejilla de malla 5kmx5km pueden darse diferentes tipos de vegetación y suelos. El valor de ADT a considerar para una determinada parcela puede ser diferente a la calculada como valor medio.

Diariamente, una vez realizados los cálculos del Balance hídrico, se obtienen tanto mapas del valor del contenido en mm de la reserva del suelo para diferentes valores de **ADT**, como para el valor máximo estimado. También se calculan los porcentajes que representan dichas cantidades de agua respecto al valor de ADT considerado.

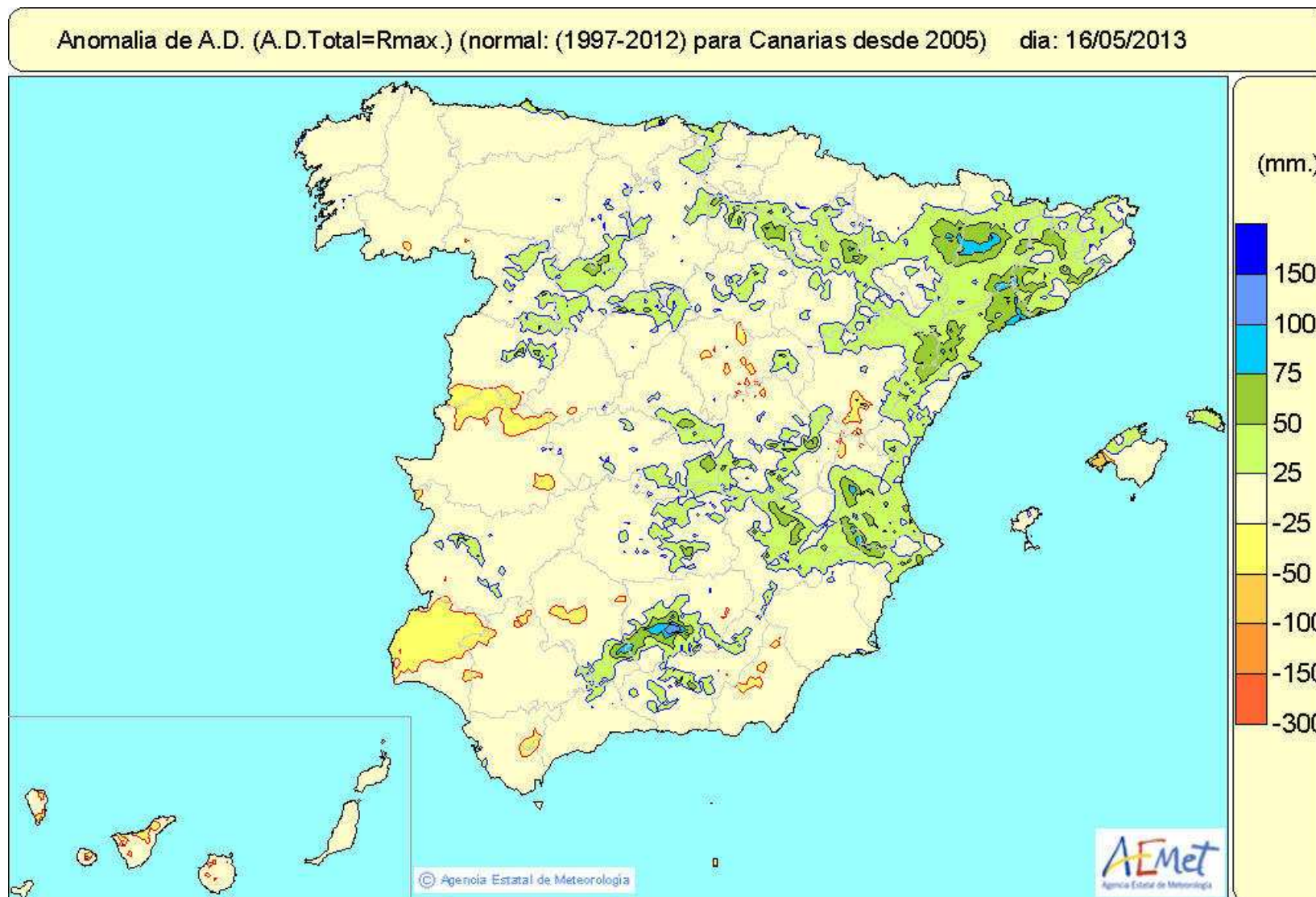
El cálculo para una capacidad de ADT igual a 25 mm, representa la humedad del suelo en una **capa superficial** que en un suelo medio de textura franca, puede suponer una profundidad de unos 20 a 25 primeros centímetros de suelo.







Posibilidades de información climatológica de humedad del suelo:

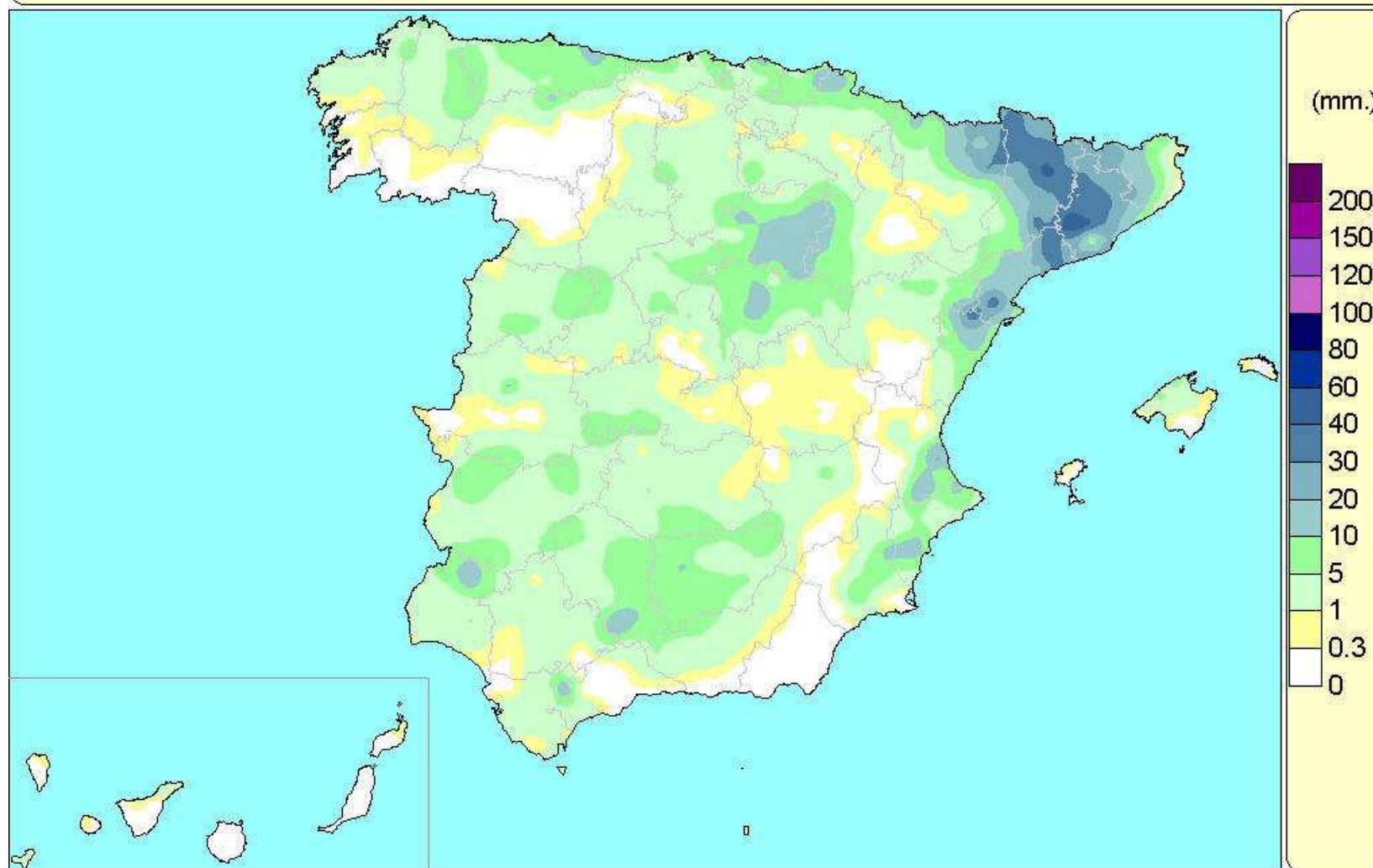


Anomalía de A.D. (A.D.Total=50mm.) (normal: (1997-2012) para Canarias desde 2005) día: 16/05/2013

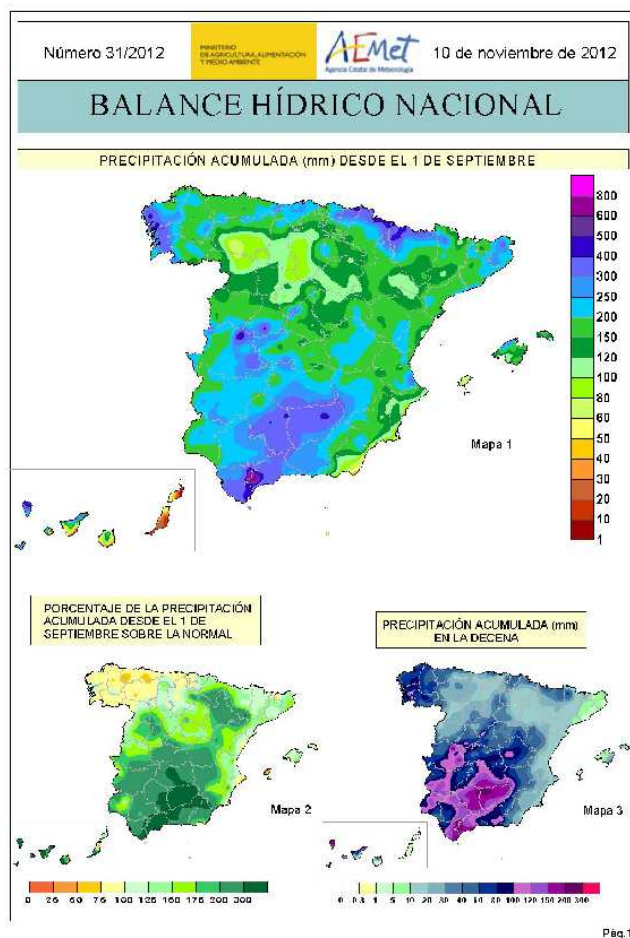


ANÁLISIS DIARIO de la PRECIPITACIÓN (datos hasta las 06Z D+1)

día: 15/05/2013



Productos disponibles: Boletín decenal

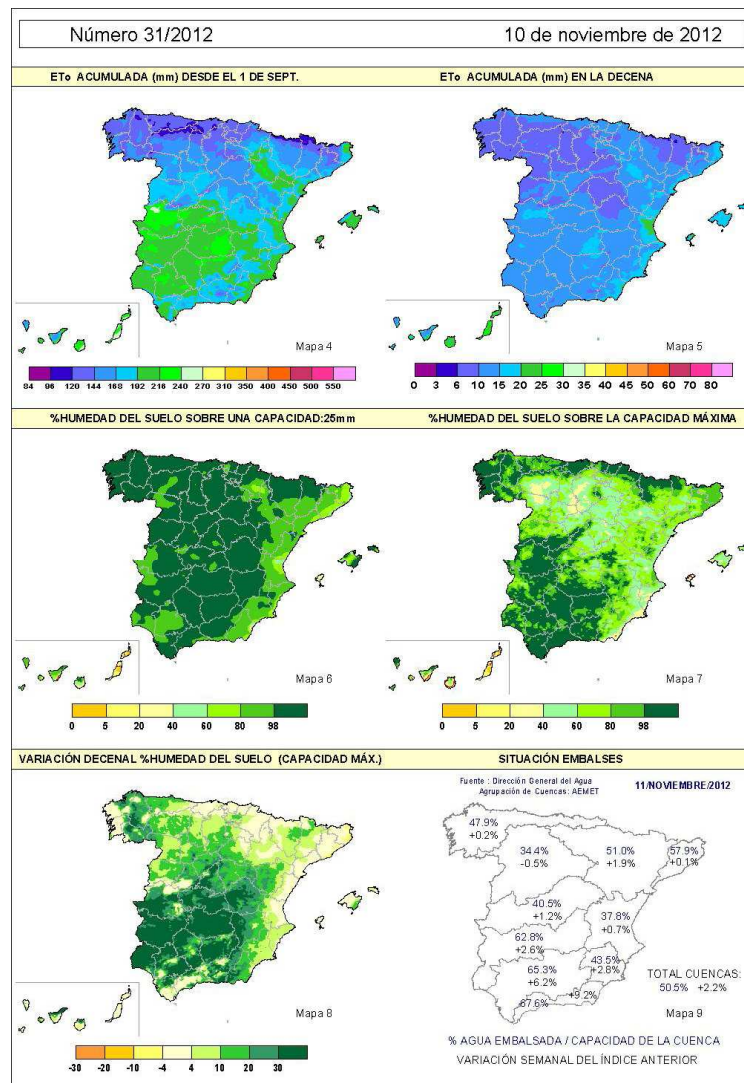


Mapas

Precipitación acumulada (mm) desde el 1 de septiembre

Porcentaje de la precipitación acumulada desde el 1 de septiembre sobre la normal (Periodo 1971-2000)

Precipitación acumulada (mm) en la decena



Pág.2

ET₀ Acumulada (mm) desde el 1 de septiembre.

ET₀ Acumulada (mm) en la decena.

% Humedad del suelo sobre capacidad ADT 25 mm (Capa superficial)

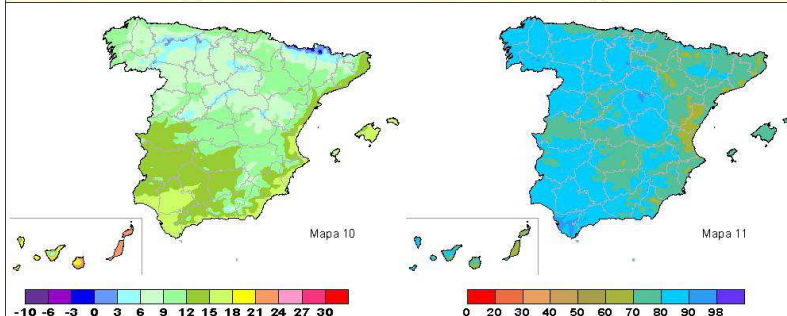
% Humedad del suelo como AD respecto de ADT máx (Capa total).

Variación decenal del % Humedad del suelo del mapa 7.

Situación embalses a fecha xx
(Fuente: Dirección General del Agua)

TEMPERATURA MEDIA (°C) EN LA DECENA

HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%) EN LA DECENA



ESTACIÓN	P.D.	P.A.	% P.A.	%SAT.	ETo D.	ESTACIÓN	P.D.	P.A.	% P.A.	%SAT.	ETo D.
1387 A CORUÑA	73	200.9	93.7	100	14.7	9081A TORTOSA	17.8	182.5	104.9	53.2	14.2
1387E A CORUÑA/VALVEDRO	64.5	189.8	83.2	87.7	10.7	3489A CÁCERES	111.8	241.2	202.5	94.9	12.4
1505 LUGO/ROZAS	48	178.6	78.7	90.4	8.7	3260B TOLEDO	89	195	281.2	80.6	12.7
1212E ASTURAS/AVILES	53	180.4	74.4	96.5	14.3	8178D ALBACETE OBS.	54.1	218.1	282	96	12.9
1208H GUION, MUSEL	42.6	156.8	79.5	90.6	15.9	8175 ALBACETE/LOS LLANOS	38.4	214.9	259	91.8	12.8
1249I OVIEDO	20.7	162.7	84	84	10.8	8414A VALENCIA/AEROPUERTO	13.6	274.6	197.2	62.9	20.9
1109 SANTANDER/PARAYAS	39.1	273.6	103.7	100	12.1	8416Y VALENCIA II	12.4	110.9	79.3	44.9	23.1
1111 SANTANDER/CMT	37.8	227.8	94.2	100	15.5	8500A CASTELLON/ALMAZORA	10.2	131	91.2	39.8	17.9
1082 BILBAO/AEROPUERTO	14.1	190.9	79.1	93.5	11.7	8228 PALMA DE MALLORCA, CMT	2.4	130	94	31.4	18.6
1024E SAN SEBASTIAN/IGUELDO	84.3	436.2	134	100	15.8	8278 PALMA DE MALLORCA/SON	1.3	117.4	88.6	36.8	18.1
1014 HONDARRIBIA/MALKARROA	86.8	374	100.7	100	16.2	8839 MENORCA/MO	7.4	112.6	70.3	46.8	16.7
1428 SANTIAGO DE COMPOSTEL	91.9	293.9	77.7	100	8.7	4452 BADAJOZ/TALAVERA LA R.	55.4	158.3	161	74.1	13.2
1494C PONTEVEDRA	86.2	328.4	95.7	100	9.2	4121 CIUDAD REAL	124.8	280.4	319.6	99.4	12.7
1496 VIGO/PEINADOR	87.3	303	83	100	9.7	8025 ALICANTE	16.9	86.6	78	26.3	18.1
1630A OURENSE	76.2	176.6	97.2	91.5	8.9	8019 ALICANTE/EL ALTET	13.5	95.4	101.9	27.5	19.1
1549 PONTERRADA	23.8	116.2	79.6	55.4	10.4	8954 IBIZA/ES CODOLA	3.6	80.5	60.7	23.1	20.4
2681 LEON/VIRGEN DEL CAMINO	25.2	89.6	78.9	37	9.3	4642E HUELVA, RONDA ESTE	85.6	180.6	170.1	82.2	12.1
2331 BURGOS/VILLAFRIA	19.2	90.8	87	39.4	9	5793 SEVILLA/SAN PABLO	80.9	229.5	208.8	99.2	13.8
9091O FORONDA-TXOKI	28.3	137.1	93.4	71.1	11.3	5796 MORON DE LA FRONTERA	85.9	200.1	181.1	67.6	13.3
9170 LOGRONO/AGONCILLO	16.6	125.4	187.1	44.8	11.6	5402 CORDOBA/AEROPUERTO	123.7	286.5	281.2	100	12.7
8263D PAMPLONA/NAIQUIN	21.9	223.6	157.3	100	11.3	5270B JAEN	138.6	298.1	342.8	88.7	14.4
8988 HUESCA/PIRINEOS	31.2	204.2	164.6	100	10.9	5530E GRANADA/AEROPUERTO	94.8	252	356.1	100	12.4
2614 ZAMORA	26.4	142.4	194.6	70.4	9.1	7228 MURCIA/ALCANTARILLA	20.3	158.9	199	63.3	14.9
2539 VALLADOLID/VILLANUBLA	25.2	150.9	168.2	58.5	7.9	7178I MURCIA	26.2	143.3	177.4	56.9	14.9
2422 VALLADOLID	34.6	136.3	154.3	62	8.8	7031 MURCIA/SAN JAVIER	12.3	73.7	72.8	21.2	20
2030 SORIA	19.2	143.4	158	59.3	9.7	5960 JEREZ DE LA FRONTERA/	88.1	293.7	251.7	98.4	12.3
9390 DAROCA I	19.5	152.6	193	67.8	11.8	5973 CADIZ OBS.	123.1	310.9	292.7	100	15.7
9434 ZARAGOZA/AEROPUERTO	11.4	170.9	259.2	87.7	14.4	6155A MALAGA/AEROPUERTO	135.2	328.4	320.9	98.9	17.8
9771C LLEIDA	14	138.6	146.5	58	10.9	6250O ALMERIA/AEROPUERTO	29	78.5	161.8	28	18.5
0016A REUS/AEROPUERTO	7.3	201.2	131.1	75.9	16.8	6299I HIERRO/AEROPUERTO	74.7	120.2	370.6	87.1	22
0076 BARCELONA/AEROPUERTO	9.3	223.9	116.5	91.8	17.2	C139E LA PALMA/AEROPUERTO	124.9	236.8	382.1	97.4	19.2
0267 GIRONA/COSTA BRAVA	6.4	259.1	144.8	94.1	15.1	C329B LA GOMERA/AEROPUERTO	80.3	159.9	650	73.1	22.9
2867 SALAMANCA/MATACAN	22.2	147.1	177.3	75.8	10.3	C430E IZANA	43.6	141.6	214.7	64.6	11.4
2444 AVILA	37.2	159.2	182	74.1	11.2	C447A TENERIFE/LOS RODEOS	161.6	280.8	296.5	100	16.2
2465 SEGOVIA	44	124.2	138.6	59.5	12.6	C449C STA. CRUZ DE TENERIFE	62.2	104.8	322.7	61.2	20.3
2462 NAVACERRADA/PUERTO	114.8	342.2	129.6	100	7.6	C429I TENERIFE/SUR	8.9	21.5	119.4	6	25.2
8191E COLMENAR VIEJO/FAMET	56.6	179.1	159.1	94.7	10.1	0649I GRAN CANARIA/AEROPUERTO	2.7	48	169	14.4	24.5
8129 MADRID/BARAJAS	39.8	129.5	185.1	51.6	11.7	C249I FUERTI/VENTURA/AEROPUE.	0	6.5	42	1.3	24.2
8136 MADRID/RETIRO	47.3	165.6	177.1	61.7	12.9	00230 LANZAROTE/AEROPUERTO	1.6	20.5	150.3	4.1	22.6
8136 MADRID/CIATRO VIENTOS	54.4	176.7	192.3	76.5	12.6	9000C CEUTA	176.9	340.6	249.8	100	17.7
8200 MADRID/GETAFE	62.1	180.8	222.8	75.6	12.5	8000A MELILLA	12.2	56.5	107	21	16.2
8188D GUADALAJARA	48.8	148.8	146.7	86.1	8.2						
8096 CUENCA	91	220.8	211.2	87.3	9.3						
8013 MOLINA DE ARAGON	53	157.6	154.8	64.9	8.8						
8388U TERUEL	44.2	144.6	181.9	75.7	12.3						

Precipitación mensual
(o Temperatura media (°C) en
la decena).

Porcentaje de la precipitación
total mensual respecto de los
valores normales (1971-2000)
(o Humedad relativa media (%)
en la decena).

- TABLA con datos de estaciones principales de AEMET
 - ❑ **Indicativo climatológico**
 - ❑ **Nombre de estación**
 - ❑ **P.D.** (Cantidades de precip. en mm acumuladas durante la última decena).
 - ❑ **P.A.** (Cantidades de precipitación en mm acumuladas desde el 1 de sept. hasta la fecha).
 - ❑ **% P.A.** (Porcentaje de precip. acumulada desde el 1 de sept. hasta la fecha sobre los correspondientes valores normales referidos al periodo 1971-2000).
 - ❑ **% SAT.** (Porcentajes que representan las cantidades de reserva de A.D. de humedad del suelo en la fecha de referencia, sobre el A.D.T. máx. en el píxel donde se localiza cada estación).
 - ❑ **EToD.** (Cantidades de ETo en mm acumuladas durante la última decena en el píxel donde se localiza cada estación).

VARIABLE	Elaboración	Periodo acumulado
PRECIPITACIÓN	diaria	1 día
	semanal	Última semana
	decenal	10 días
	mensual	1 mes
	diaria	Acumulado desde 1 sept.
	diaria	Acumulado desde 1 oct.
PORCENTAJE DE LA PRECIPITACIÓN SOBRE EL VALOR NORMAL	mensual	1 mes
	semanal	Última semana
	diaria	Porcentaje del Acumulado 1 sept.
	diaria	Porcentaje del Acumulado 1 oct.

VARIABLE	Elaboración	Periodo acumulado
EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA	diaria	1 día
	semanal	Última semana
	decenal	10 días
	mensual	1 mes
	diaria	Acumulado desde 1 sept.
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (según hipótesis inicio)	diaria	1 día
	mensual	1 mes
	diaria	Acumulado desde 1 sept.

VARIABLE	Elaboración	Periodo acumulado
HUMEDAD DEL SUELO- Capa Total con ADT máxima.	diaria	Valor medio en ese día. Variable que depende del valor del día anterior.
HUMEDAD DEL SUELO- Capa superficial con ADT = 25mm	diaria	Valor medio en ese día. Variable que depende del valor del día anterior
PORCENTAJE DE LA HUMEDAD DEL SUELO Capa Total con ADT máxima	diaria	Valor medio en ese día
PORCENTAJE DE LA HUMEDAD DEL SUELO Capa superficial con ADT=25 mm	diaria	Valor medio en ese día

Web AEMET:
Precipitación y Eto, acumulado semanal
%Humedad para ADT25mm y ADTmáx
Boletín decenal del Balance Hídrico

www.aemet.es/es/web/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/balancehidrico

Gracias por su atención

